JAXA's

[ジャクサス] August 2009
宇宙航空研究開発機構機関誌

No.027

宇宙ステーション補給機(HTV)

新型H-ⅡBロケットでいよいよ9月に打ち上げへ

「いぶき」二酸化炭素/メタン濃度を初解析

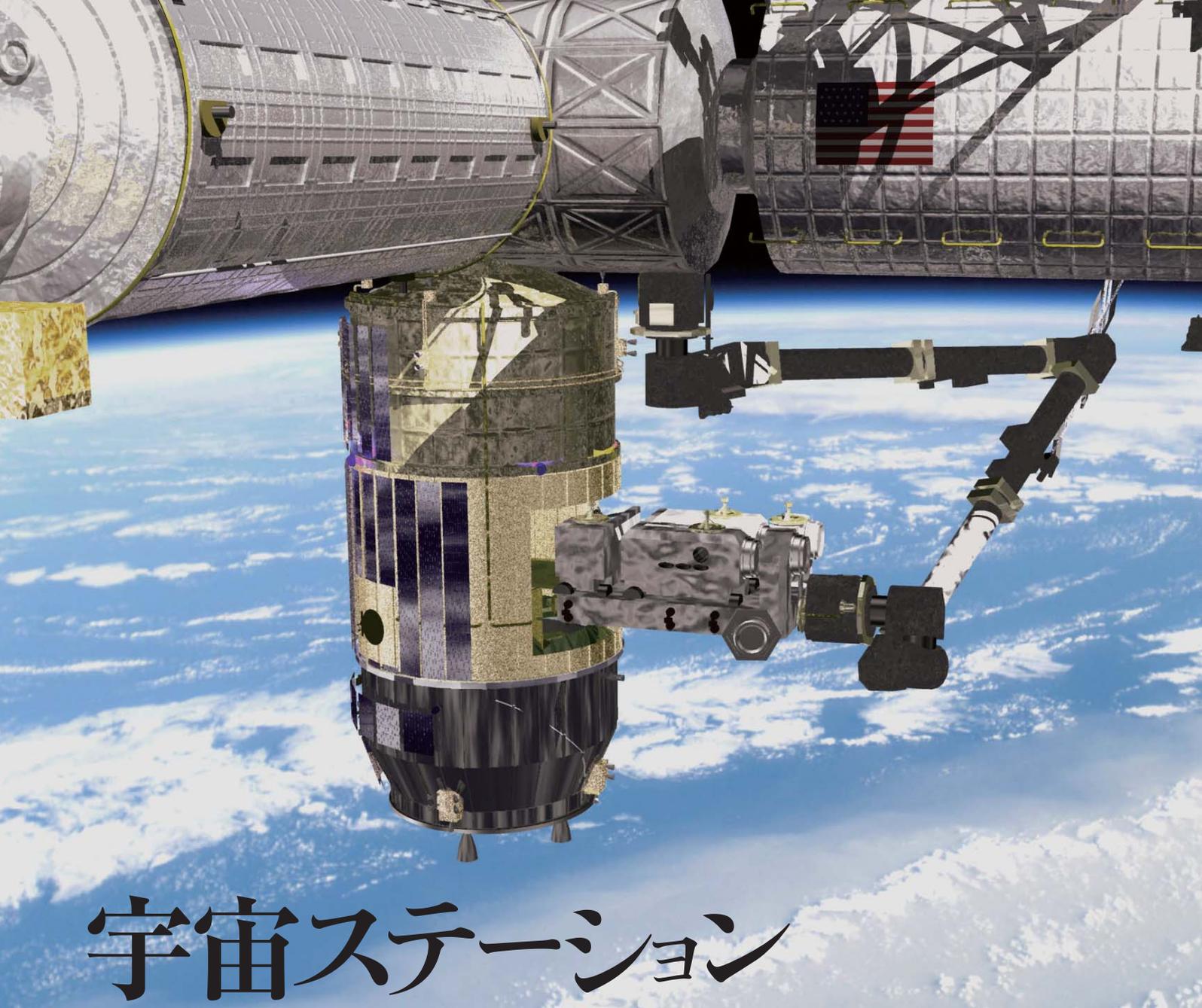
「かぐや」月に還る

宇宙航空研究開発機構機関誌

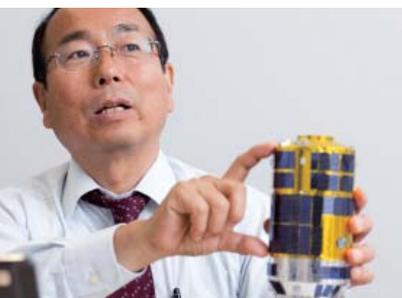
INTRODUCTION

ちょうどこの号が出る頃に、4か月半の長い国際宇宙ステーション滞在を終えて若田光一宇宙飛行士が地上に帰還します。「きぼう」日本実験棟を完成させた若田宇宙飛行士の働きぶりは次号でじっくり紹介するとして、本号では、来月に迫った宇宙ステーション補給機（HTV）の打ち上げについて、虎野吉彦プロジェクトマネージャに話してもらいました。今年1月に打ち上げられた温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」が順調に運用を始めています。JAXAと国立環境研究所、それぞれの担当者に衛星の現状と今後の見通しを聞き、観測した画像も掲載しました。一昨年9月の打ち上げ以来、数々の成果を私たちに届けてくれた月周回衛星「かぐや」。月到達後の約1年半のミッションを終え、6月11日未明、月面に落下させました。「かぐや」の観測ミッションに携わった15人の主研究者全員の現在の心境を3ページにまとめました。宇宙開発にかける研究者たちの思いがじっくりと味わえるコメント集になっています。

Contents

表紙：7月9日、種子島宇宙センターで公開された宇宙ステーション補給機（HTV）の機体

宇宙ステーション補給機(HTV)

新型H-IIBロケットでいよいよ9月に打ち上げへ

新型のH-IIBロケットで9月に種子島宇宙センターから
打ち上げられる宇宙ステーション補給機(HTV)。
これまでアメリカのスペースシャトル、ロシアのソユーズやプログレス、
そしてヨーロッパのATVが受け持っていた国際宇宙ステーション(ISS)への
物資輸送に、日本が独自に開発した補給機で新たに加わることになった
画期的な輸送システムです。このHTVは、一体どんなシステムで、
どのように開発され、そして今後どう運用されていくのでしょうか。
HTVプロジェクトを取りまとめる虎野吉彦プロジェクトマネージャに、
打ち上げを前にした心境とともに聞きました。

有人宇宙環境利用ミッション本部
HTVプロジェクトチーム
プロジェクトマネージャ
虎野吉彦
Torano Yoshihiko

生活物資や実験機器などをISSへ運ぶ

―宇宙ステーション補給機（HTV）とはどのような輸送機なのでしょうか。

虎野　HTVはISS（国際宇宙ステーション）に生活物資や実験機器類、あるいはISSそのものを維持するための部品類などを地上から運ぶためのものです。全長が約10ｍ、直径が4・4ｍ、質量は荷物を除くと10・5ｔで、ISSに6ｔ以上の貨物を運ぶことができます。全体は大きく2つの部分に分かれます。荷物を運ぶ部分と、コンピューターや電子機器、推進薬、エンジンなどを収めた本体部分です。荷物を運ぶ部分はさらに2つに分かれます。1つは与圧部といって、空気が1気圧入った状態で運ぶ部分、もう1つは非与圧部といって宇宙空間に曝露された、真空状態で運ぶ部分です。

―ロシアのプログレス宇宙船やヨーロッパの宇宙ステーション補給機ATVにくらべて、どのようなところに特徴がありますか。

虎野　まず、非与圧部ですね。スペースシャトルが2015年に退役すると、ISSの外側に取り付ける実験装置や部品などを運べるのはHTVしかなくなります。それから与圧部のほうもドッキング部分の開口部が大きく、1・2ｍ四方あります。プログレスやATVの開口部は直径80㎝（円形）ほどしかありませんから、これらでは運べない大型の荷物もHTVなら運ぶことができます。

―H-IIBロケットで打ち上げられた後、どのようにしてISSにドッキングするのですか。

虎野　ロケットの第2段から分離されると、HTVはGPSのデータを使って自分の位置を認識し、メインエンジンを噴射してISSと同じ軌道高度に達します。その後、ISSに5㎞まで接近し、ここで次のステップに行っていいかどうかを確認します。地上からGOコマンドが出ると、今度はいったん下がって、ISSの真下に入り込みます。ここからどんどん上昇して近づいて行くわけですが、ISSから300ｍと30ｍのところでそれぞれ停まって、機能を全部チェックし、地上からの指令を待ちます。最後に、ISSのハーモニー（ノード2）という部分の真下10ｍのところで停止します。ここからはISSのロボットアームによって把持され、ハーモニーにドッキングされるわけです。

有人のISSとのドッキングに求められる高い安全性

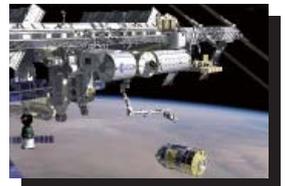
―今回は何を運んで行くことになるのでしょうか。

虎野　今回の初号機（技術実証機）では、非与圧部には（曝露パレットという専用荷台に載せて）NASAのHREPという実験機器と日本のSMILESという実験装置が搭載されています。与圧部には宇宙飛行士用の食糧、水、日用品などが積まれています。今後、全部で7機を、だいたい1年間に1機ずつ打ち上げる予定です。

―HTVは無人でISSに接

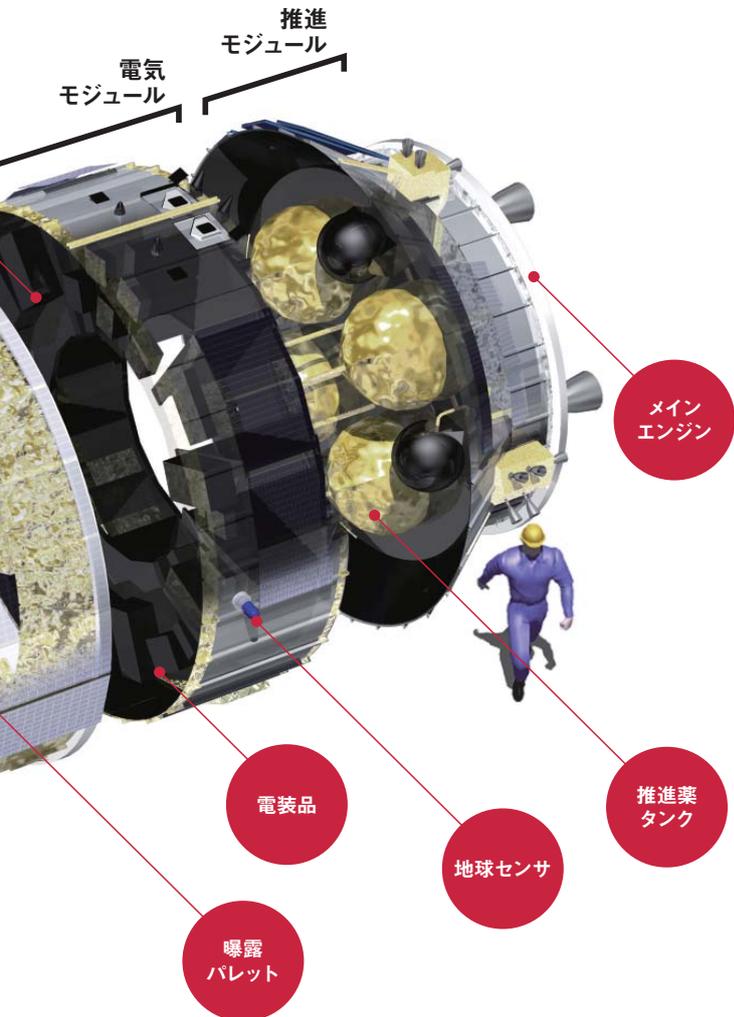
HTVは新たに開発されたH-IIBロケットで打ち上げられます

H-IIBロケット第2段からの分離イメージ

ロケットから分離後、メインエンジンを噴射

HTVのISSへの接近イメージ

ISSのロボットアームによる把持

HTVのISSへの結合イメージ

HTVの大気圏への再突入イメージ

近するわけですが、間違ってISSに衝突したりする危険はないのですか。

虎野　ISSには人間がいるわけですから、そのようなことが起こったら大変です。そのため、HTVには非常に高い安全性が要求されていますし、要所要所で、地上からのGOコマンドがない限り、次のステップに進まないようにロジックが組まれています。

――HTVの開発について難しかったのは、どのあたりですか。

HTVの運用管制室（筑波宇宙センター）

虎野　ISSは秒速7.7kmぐらいで飛んでいるわけです。いちばん難しいのは、それに相対的にピタッと停止させなくてはいけないことですね。制御の精度が非常に細かく、たくさん計算しなければいけませんし、安全性の問題があるので、システムは2重系か3重系になっています。ですから、ある機器とある機器の間の試験をしようとすると、2×2で4回、あるいは3×3で9回試験をしなければなりません。試験の回数や項目が非常に多くて苦労しました。

――宇宙空間でのランデブーやドッキングの経験は、JAXAには過去にありましたか。

虎野　1997年に打ち上げたきく7号（ETS－Ⅶ）では、「おりひめ」と「ひこぼし」でランデブーとドッキングの実験をしているのです。実はこの成果がHTVの中で生かされています。

――HTVへのコマンドはどこから送るのですか。

虎野　筑波宇宙センターにはHTVの運用管制室があり、そこから送ります。ここでは1チーム約20名の管制員が3交代で仕事をします。

――打ち上げからISSへのドッキング、その後のオペレーションまで、もうずいぶん訓練をしてこられたのでしょうね。

虎野　アメリカとの合同訓練を含め、去年から100回以上行ってきました。今は週に3日訓練をしています。アメリカの時間に合わせることも多いので、午前4時から始めたり、夕方から始めて明け方までということもあります。

将来の有人宇宙システムにつながる技術

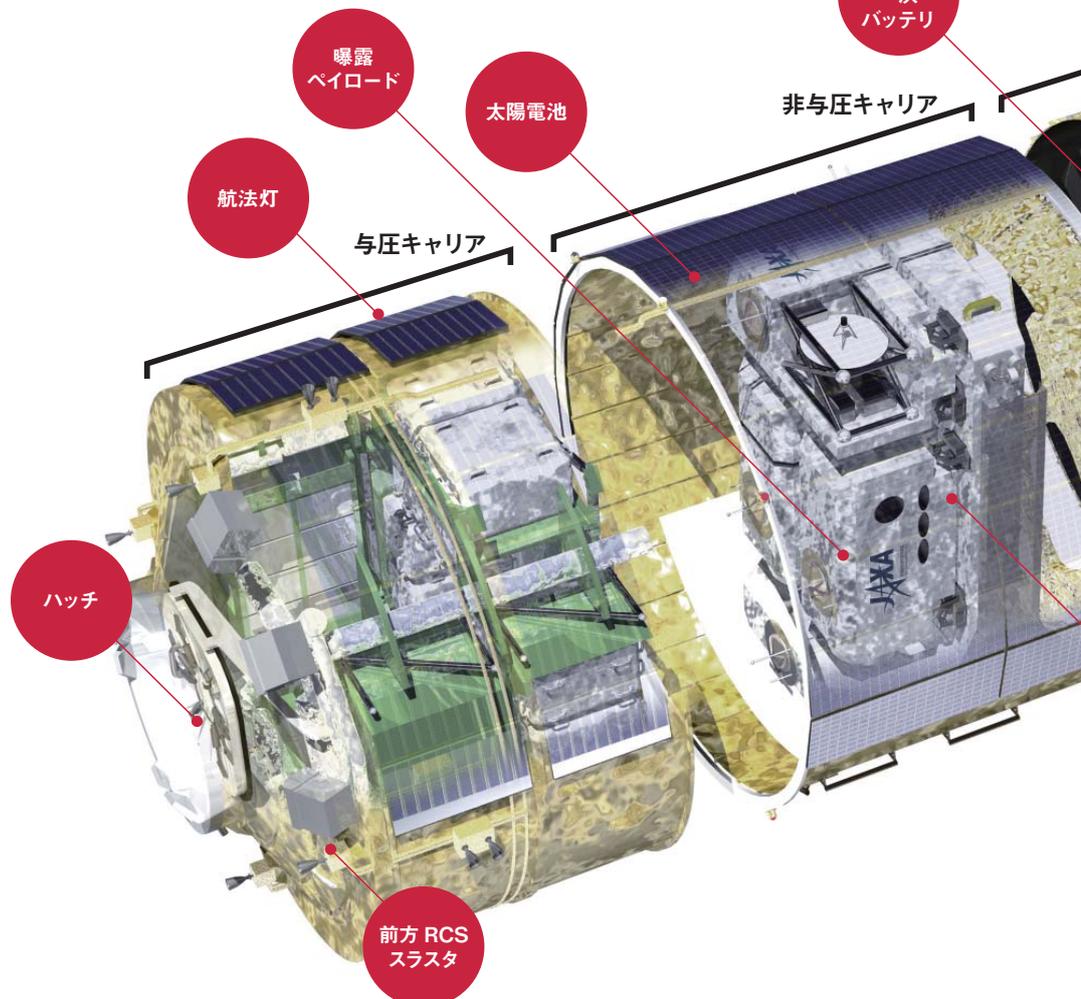
――HTVに対するNASAの期待も大きいのではないですか。

虎野　HTVの開発当初は、スペースシャトルもプログレスもあるし、お金を出して運んでもらえばいいのではないかという外部の意見もあったと聞いています。しかし、うちの先輩たちは「いや、これは将来、日本の宇宙開発に必要なものになるのだから」と言って続けてきたわけです。スペースシャトルの退役がきまってからは、NASAもがぜん注目するようになり、今や無くてはならない輸送機になっています。

――日本の宇宙開発の将来にとって、HTVはどのような意味をもっていますか。

虎野　HTVの与圧部は1気圧状態ですので、人間が呼吸可能です。これに生命維持装置を取り付ければ有人宇宙船になります。つまり、有人の宇宙飛行ができるシステムをつくることができる状況にあるわけです。推進系をもう少し強力にすると、月にまで行けます。ですから、HTVの意義はISSに荷物を安全に運ぶだけでなく、日本として、もう少しで有人飛行ができるというところまできたという点にあるのです。

――日本が有人飛行を実現するにはものすごいお金がかかる上に、技術も最初から開発しなければならないと考えている人は非常に多いと思いますが。

虎野　そんなことはありません。確かにお金はかかると思いますが、1からというわけではありませんから。

――最後に今後の抱負をお聞かせください。

虎野　HTVというのは非常に素晴らしい輸送機です。ロケットの技術も、人工衛星の技術も、有人宇宙システムの技術も入っているということで、いわばこれまで日本が行ってきた宇宙開発の集大成だと思っています。これを完成させ、成功させることによって、これまで私たちがやってきたことが間違いではなかったということを証明してみたいというのが1つ。2つ目は、将来への希望というか願望ですが、月や惑星を開発するための手段として使っていけたらと思っております。

HTV各部の名称

Li-ion 一次 バッテリ
曝露 ペイロード
太陽電池
非与圧キャリア
航法灯
与圧キャリア
ハッチ
前方 RCS スラスタ

二酸化炭素／メタン濃度を初解析

2009年1月に打ち上げられた温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)は、
JAXAと環境省及び国立環境研究所が共同推進するプロジェクトで、JAXAは衛星と観測センサの開発を、
環境省と国立環境研究所は主にデータ利用を担当しています。すでに4月からデータの初期校正検証運用に入り、
陸上の晴天域における二酸化炭素及びメタン濃度の初解析結果を得るなどの成果を上げています。
今回は、その「いぶき」の現状と、観測データの校正・検証の方法、そして今後どう運用していくのかなどについて、
宇宙利用ミッション本部GOSATプロジェクトチームの中島正勝サブマネージャと、
国立環境研究所 地球環境研究センター 衛星観測研究室の横田達也室長に
それぞれ話してもらいました。

1

宇宙利用ミッション本部GOSATプロジェクトチーム　サブマネージャ
中島正勝 Nakajima Masakatsu

最終目的は、温室効果ガスの吸収・排出量の変化を測定すること

順調に校正検証運用期間に入った「いぶき」

「いぶき」は1月23日の打ち上げ後、軌道上で所定の機能・性能が出ているかをチェックする衛星初期機能確認を行ってきました。当初3か月の予定でしたが、確認が順調に進んだため約2週間前倒しして、4月10日に初期機能確認を終了しました。その後、「定常段階」に入っています。

定常段階は大きく2つに分けて、最初の3か月間を「初期校正検証運用期間」、その後の設計寿命5年までの間を「定常運用期間」と呼んでいます。7月末までの校正検証を経て、その後定常運用期間に入ります。初期校正検証運用期間には、JAXAが主に校正を、国立環境研究所が検証を行うという体制になっています。

校正とは、軌道上で自分が持っている光源、あるいは太陽光を使って実測値と比較する方法と、地上で測定した光量と比較する方法で測定値が正しいかを確認し、もしズレがあれば補正するという作業です。さらに「いぶき」は短波長赤外線と熱赤外線の両方を計測しますが、海を見る場合、短波長赤外線ではあまり明るく見えませんから、太陽光が強く鏡面反射する場所を選択するなどしています。定常運用に入った時のために、こうした測定の仕方をいろいろと検討し、さまざまなパターンでデータを集めることもこの初期校正検証運用期間で行います。

（上）二酸化炭素（カラム平均濃度）の初解析結果／
（下）メタン（カラム平均濃度）の初解析結果
（いずれも4月20日～4月28日の観測データ）

二酸化炭素とメタンの変化を継続的に観測する

「いぶき」が計測したスペクトルデータは、国立環境研究所で二酸化炭素とメタンの濃度データに変換されます。この2つのデータは、主研究者をはじめとする研究公募ユーザーに渡し、さまざまな角度から校正や検証、あるいはアルゴリズムの確認を行ってもらいます。

これまでの校正で、4ppm以内の精度のデータを求めるための観測データに関する情報は得られています。この精度が保証されたデータで月単位の変化を公開していこうと考えています。ある意味、まだ年内はデモンストレーションの意味合いが強いかと思います。

日本がいちばん必要とするデータは、どれだけ二酸化炭素やメタンが排出されているかという点ですが、「いぶき」の測定は排出と吸収の総量としての測定時点の二酸化炭素やメタン濃度でしかないので、設計寿命の5年間、継続的に測定する必要があります。

その上で「ネット吸収排出量」、つまり吸収と排出の差がどう変化しているかを出すのが、「いぶき」の最終目的になっています。（談）

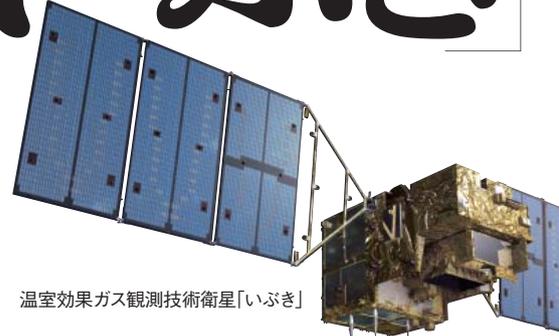
打ち上げからの主要スケジュール

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」

国立環境研究所が行っている
検証観測の概念図
画像提供:国立環境研究所

2
国立環境研究所 地球環境研究センター 衛星観測研究室長
地球温暖化研究プログラム・衛星観測研究プロジェクトリーダー、国立環境研究所GOSATプロジェクトリーダー
横田達也 Yokota Tatsuya

国際的なネットワークをつくり、「いぶき」の検証に利用したい

データの正しさを保証するために重要な検証作業

私たちのミッションは、①JAXAからいただいたデータを基に二酸化炭素やメタンの濃度分布を算出し、さらに②衛星のデータと地上で観測したデータをあわせて利用して炭素収支、つまり二酸化炭素が地球上のどこでどのように吸収や排出がなされているかを推定する役割、そして③炭素収支の推定を定量的に行うシステムの構築とデータ処理システムの開発、運用です。

また、もう1つ重要な作業として「検証」があります。公開する「いぶき」のデータが、本当に正しいかどうかを示さないと、研究者だけでなく一般の方々も使ってくれません。信用のできないデータを使って、まちがった判断をしてしまったら大変なことになってしまいます。

分担としては、「校正」部分がJAXAの担当で、「検証」部分が国立環境研究所の担当になります。データの処理の流れから、校正と検証の関係を言いますと、まず、「いぶき」のセンサーで計測されるインターフェログラムと呼ばれるDN(デジタルナンバー)値を変換処理します。これをレベル1処理と言います。レベル1処理によって、輝度スペクトルが導き出されます。これがきちんと合っているかどうか確かめるのが校正作業です。

次に輝度スペクトルを演算処理します。私たちが過去5年間、研究開発を行ってきた演算処理技術を使って、二酸化炭素やメタンの濃度を算出します。導き出された値と地上で精密に測定したデータとを比較し、その差やバラつきを調べていきます。これが検証作業です。

校正がきちんとされていなければ、検証もうまくいきません。たとえば、目標の二酸化炭素で1%、メタンで2%という目標精度に入っていない場合、計測したスペクトルがきちんとしたデータになっていないか、あるいは演算処理がまちがっているかのいずれかとなります。したがって、この校正作業がとても重要になってくるのです。

「いぶき」CAIデータより求めた
最小反射率全球モザイク画像
※30日間(2009年4月23日〜5月22日)の最小反射率

世界各地の協力によって進められる検証

「いぶき」が送ってくるデータは、「カラム量」という一般には聞き慣れない値です。カラム量は、二酸化炭素やメタンの高さ別の分布ではなく、大気中の量、地表から上層までの総量です。一方、地表に設置する観測装置でも、太陽光を分光し解析することによってカラム量を算出することができます。

オーストラリアやニュージーランド、ヨーロッパ、アメリカなど、世界のあちこちに高分解能のフーリエ変換分光器(FTS)を設置したTCCONという国際的なネットワークがありますので、「いぶき」の検証に利用する予定です。

もちろん、ここ「つくば」でも測定を行っています。ただ、地表からの測定だと、どうしても気象条件など設置地域の事情で測定できない日もあります。また、私たちの基本方針としては、全世界に測定器を置くことはできないので、北半球・南半球それぞれの植生に富んだところや都市域、裸地など、地域の特性に応じて優先度を決め、測定器を設置していきたいと考えています。実は、二酸化炭素の変動は緯度によって大きく違うのです。また植物は光合成を行うので、季節によっても大きく変化します。そうした部分を「いぶき」のデータと照らし合わせていく必要があるのです。

現在、シベリアやアフリカ、南アメリカ、オーストラリアの砂漠に関しては、地表のデータがとれませんが、これらの地域の測定値が正しいのかどうかということは、炭素収支にとって非常に影響があります。ですから、現時点でできる検証が完了した後、できればこれらの地域の検証にも力を入れていきたいと考えています。(談)

実験機と飛行シミュレータで航空技術の向上をめざす

飛行技術研究センターの果たす役割

JAXAの飛行技術研究センターは、実験用航空機や飛行シミュレータの設備をもち、飛行実験の実施や飛行試験技術の向上をめざした研究を行っている組織です。同センターがもつ実験用航空機は３機。他に飛行シミュレータ設備があるほか、北海道大樹町にある飛行実験場の施設も使用しています。また、これらの施設・設備を利用した応用研究としてJAXAのプロジェクトに協力したり、企業や大学等の外部機関と連携した飛行システムの研究なども行っています。このほど、新たなジェット飛行実験機（飛行試験に必要な特殊な計測装置等を搭載した小型ジェット機）として、セスナ社のサイテーション ソブリン機を導入し、2011年度から運用を開始することが決まりました。今回は、飛行技術研究センターの柳原正明センター長に、施設・設備の現状と今後の活動について話を聞きました。

柳原正明
Yanagihara Masaaki
研究開発本部 飛行技術研究センター長

実験用として プロペラ機２機と ヘリコプタ１機を保有

―まず飛行技術研究センターがもつ設備について教えてください。

柳原　私ども「飛行技術研究センター」は、実際に飛行して実験を行うことができる設備をもっていることが特徴です。宇宙技術でも同じですが、航空技術も何ごとも実証しなければ信頼されない世界ですから、すべて飛ばして実証しなければ、技術として使いものになりません。私たちは現在、実験用航空機としてプロペラ機２機とヘリコプタ１機を保有しており、JAXA内部の実証試験だけでなく、企業や大学、官公庁など外部から依頼を受けた研究や実験も行っています。

―具体的にはどんな試験を行っているのでしょうか。

柳原　ハードウェアでは、民間企業が開発したアビオニクス（航空機用電子機器）を実機に搭載して、上空で正常に機能することを確認する試験などがあります。ソフトウェアでも、新しく開発されたソフトウェアを実証機に組み込んで試験することもあります。これらは実用化のために行いますが、JAXA内で行っている研究のための実験も行います。なかでも今、一番力を入れているのは「耐故障飛行制御」、つまり故障した航空機を安全に運航させるための飛行誘導技術の研究です。これは日本航空宇宙工業会からの受託研究であり、東京大学などと共同で実施しているものですが、たとえば操縦用の舵面の１つが壊れても、故障した箇所以外の舵面を使って安全に飛行や着陸させることができます。私たちがもつ機体が日本で唯一、このような機能の実証ができる機体であるため、さまざまな実験を行っています。

―外部からの実験依頼はどのように受け付けているのですか。

柳原　JAXAは事業会社ではありませんので、外部からの依頼は風洞のような設備共用ではなく、共同研究や受託研究という形で実施しています。大学との共同研究の場合など、人材育成にも貢献していると考えています。

シミュレータで研究し 最終的には 実機で実証する

―試験以外にはどんなことをやっているのですか。

柳原　私たちは、飛行実証のような試験センター的役割のほかに、研究センターとしての役割をもっています。①実機を使った飛行実証実験、②要望を受けて行うニーズ対応研究、そして③20～30年先を見越した飛行システムの先端研究、の３つが飛行技術研究センターの活動の柱となります。研究のために、独自の飛行シミュレータももっています。特定の機種を模したものではなく、ソフトウェアを入れ替えることでどんな航空機のシミュレーションもできるようになっています。

―それはつまり、いわゆる訓練用ではなく、飛行技術の研究開発用の設備ということでしょうか。

柳原　そうです。現在は国産旅客機開発のためのシミュレーション

実験用航空機

MuPAL-α
母機であるドイツ製 ドルニエ式Do228-202型にJAXAが開発したフライ・バイ・ワイヤ操縦装置や高精度のデータ収録装置など、飛行試験に必要な機器を組み込んだ飛行機です。

MuPAL-ε
わが国初の純国産民間ヘリコプタである三菱式MH2000A型を母機とし、さまざまな研究に活用できるよう、高精度飛行データ収集システムや、プログラム可能な計器表示システムなどを搭載しています。

Queen Air
米国製 ビーチクラフト65型を母機とし、1962年の導入以来、フライ・バイ・ワイヤ機能を用いた研究などに用いてきましたが、現在はその役目をMuPAL-αに譲り、大気環境観測等に使用しています。

新たに導入が決まったセスナ社製 サイテーション ソブリンの機体外観

基本仕様

項目		値
最大離陸重量		13,744kg
最大ペイロード重量		1,202kg
機体	全長	19.35m
	全幅	19.30m
	全高	6.20m
最大巡航速度		マッハ0.80
最大運用高度		14,326m
航続距離		5,273km
エンジン		PW306C × 2基

などに活用しています。また、シミュレータを使った研究開発として、たとえばディスプレイ上に3次元的に経路を表示して航空機を誘導するトンネル型誘導表示技術があります。パイロットはそのトンネルから外れないように操縦すれば、指定された経路を正確に飛行することができます。この技術を活用して、救難用ヘリなどが視界不良でも飛行できるよう、ヘルメットに装着したディスプレイ（HMD）に赤外線カメラのデータやシミュレーション画像を重ねて表示する視覚情報支援システムの研究開発も行っています。

――なるほど、シミュレータがあればたいがいのことができてしまうわけですね。

柳原　最近はパイロットの育成も実機に代わってシミュレータで行うようになってきましたが、それでもやはり最後は実機で飛びます。コックピットのディスプレイも、シミュレータだけでなく実機でも検証して、パイロットの体感、加速度とか周囲の視界などの要素も合わせた複合環境の中で、そのシステムが本当に使えるかどうかを確認しなければなりません。実機での検証がなくなることはないと考えています。

念願のジェット飛行実験機の導入で世界をめざす

――JAXA統合から5年経ちましたが、宇宙分野の実験はどの程度行われているのでしょうか。

柳原　当センターの設備を、ロケット打ち上げ支援などの宇宙分野でのニーズにも役立てようと考えましたが、プロペラ機では必要高度に到達するまでに時間がかかる等の課題があり、宇宙分野の実験でどんどん利用するというわけにはいかないのが実情です。

――今回決まったジェット飛行実験機の導入で、どのようなことが期待できますか。

柳原　今はジェット機の時代です。世界を見回してみても、アメリカやヨーロッパなど主要な国々の航空宇宙開発機関はすべてジェット機をもっています。私たちも数年前からジェット機を保有したいという希望を出していて、今回それが実現する運びになったということです。実験環境としては、プロペラ機、ヘリコプタ、ジェット機と3種類揃ってやっと一人前と言えるものですが、これでようやくその3機種が揃うので、より広範囲の実証が可能になります。

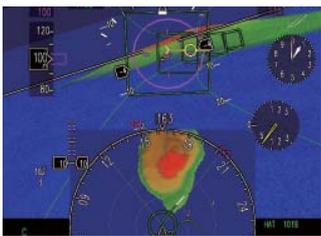
――ジェット飛行実験機が入ることで、何か新しい実験ができるのでしょうか。

柳原　実証実験の内容は、現在のプロペラ機やヘリコプタと変わりませんが、プロペラ機やヘリコプタに比べて高速・高々度のジェット機の飛行する領域での実証ができるようになります。ジェット機が飛ぶ環境での実証実験ができなかったため、世界のマーケットでの日本の電子機器のシェアがどんどん下がっている現状もあり、4〜5年前から日本の航空工業界からぜひともJAXAでジェット飛行実験機を保有してほしいという要望がありました。それも導入するきっかけの1つになっています。また、微小重力実験も視野に入れており、それに合わせて実験装置の検討も進めています。

――今回の導入は、日本の航空業界の希望でもあったわけですね。

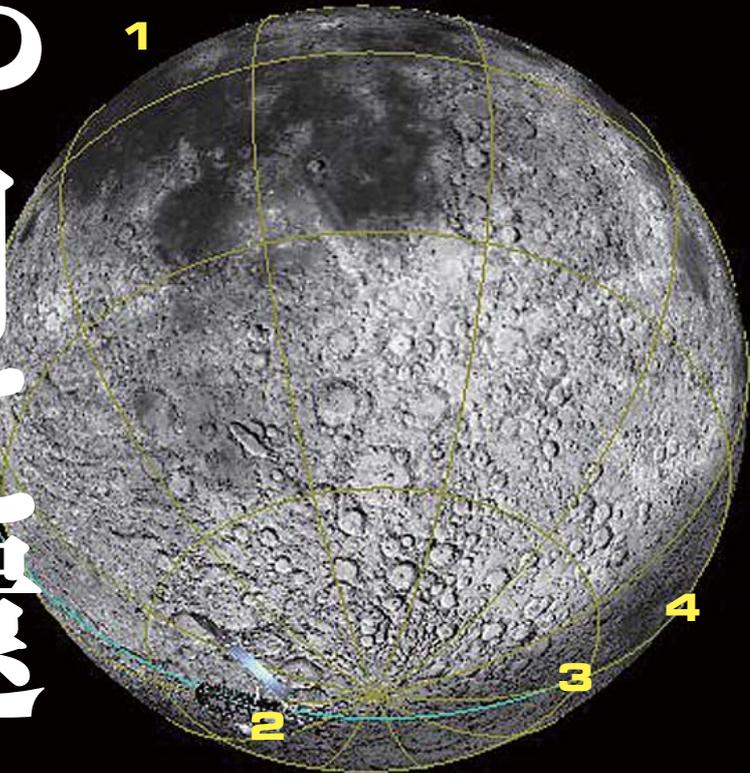
柳原　ジェット飛行実験機の運用開始は2011年度初めの予定ですが、最初の数年は国産旅客機の開発支援に集中して使っていこうと考えています。メーカーだけでなく、国土交通省の支援も行います。国産旅客機が市場に出るためには、国土交通省が型式証明を行うことになりますが、国内ではYS−11以来、民間旅客機の型式証明が行われずノウハウが薄まっています。JAXAと国土交通省が協力して、ジェット飛行実験機による実証実験で、型式証明のための試験技術の確立をめざします。

――今後はジェット機関連の実験が増えてくるかもしれませんね。

柳原　これまで日本ではジェット機に関して実証実験や試験方法などが、海外にくらべて立ち後れていました。今後、日本で民間ジェット機がどんどん製造されるようになれば、実証実験へのニーズも高まってくると思います。

調布航空宇宙センターにある
飛行シミュレータ（上：外観／
中：コクピット／下：トンネル型指示計器）

大樹航空宇宙実験場

〝制御落下〟の成功と、

「かぐや」月に還る

経緯線（黄色）と、「かぐや」の落下までの軌道（青線）が書き込まれた月のCG。
視点は月のやや南極上空付近から。軌道情報データ提供システム「月周回３Ｄ」より

1 落下半周前の午前2時40分ごろ、月の北極付近の上空約80kmあたりを約1.6km/sで飛行しながら、スラスタを前方に噴射して減速。

2 軌道高度を下げながら月の裏側を周回し、落下約15分前、日陰に入るところでHDTVでのラストショットを撮影。続いて地形カメラでの最後の撮影も。

3 徐々に低下する軌道高度が示されるレーザ高度計のグラフを関係者は注視。

4 午前3時25分14秒、ほぼ予定通りの時刻に信号が途絶え、落下を確認。制御落下の成功とともに「かぐや」観測ミッションが終了した。オーストラリアやインドの天文台が、落下時の閃光をとらえた。

２００９年６月11日午前３時25分、輝かしいフィナーレでした。

運用チームは、約１年にわたる観測ミッションを終えた「かぐや」の、月の南半球にあるＧＩＬＬクレーター近くへの〝制御落下〟を成功させたのです。同日朝９時から行われた記者会見で佐々木進プロジェクトマネージャは、成功の３大要素として「地形図」「軌道決定」「軌道制御」をあげていました。「月の地形図」はもちろんのこと、軌道決定の精度にかかわる「月の重力異常」のデータも、また「軌道制御」にかかわる衛星の応答性のデータの蓄積も、これまでの観測と運用を通じて得られたもの。それらの蓄積があってこそ、だったわけです。

「21か月の運用を最後までキッチリと終えることができました。遠隔探査でやるべきことは、これでほとんど終わったと思っています。ここ１〜２年で〝月の起源と進化〟について、１つの結論が出るのではないかと期待をしています」（佐々木進プロジェクトマネージャ・写真）との自信にあふれたコメントに、次なる成果への期待が高まります。

また今回の成功は、「月の周回軌道から月面のねらった場所に、宇宙機を到達させる技術」を日本が会得したということをも意味しています。将来の着陸機を用いた探査や有人探査にもつながる成果と言えるでしょう。

PI（観測機器の主研究者）15名からのメッセージ

「かぐや」やとともに月世界を旅した仲間たちを代表して、搭載された15の観測機器類のPI※から、フェアウェル・メッセージをいただきました。
「かぐやに何と声をかけてあげたいか」「かぐやは何と答えてくれるだろうか」というリクエストに応えていただいたコメントからは、「かぐや」は輝かしい科学と技術の成果以外にも、大きな感動を残してくれたのだということがわかります――。

PIのみなさまへ

祖父江真一
JAXA
かぐやプロジェクト

私は15名のPIを中心とする150名ほどの研究者のみなさんと､「かぐや」の衛星システム､地上システムの開発･運用に関わる部門（関係者は単に「プロジェクト」と呼んでいました）の調整を担当し、緊密なやりとりを続けてきました。

PIのみなさんはいってみれば「月世界行き」のプラチナチケットを手にするために努力をしてきた方々。途方もない幸運と、それにともなう責任を負い、打ち上げ後だけでも21か月間、開発期間を含めれば10年以上の「かぐやの旅」をともにしたわけです。

PIのみなさん、望んでいた月の世界が見えましたか？　予想もしなかった光景やデータに感動しましたか？満足のいく月旅行だったでしょうか？

ひとつの区切りを終え、私たちプロジェクトのメンバーは、次の旅の準備に入りたいと思いますが､引き続き「かぐや」の解析研究の旅を気をつけてお続けください。また、次回のお申し込みをお待ちしています。

VLBI電波源「おうな」
VRAD

花田英夫
国立天文台

「おうな」と「おきな」という２つの子衛星を切り離した「かぐや」は、約１年半の観測をまっとうした後、月に落下しました。私たちの「おうな」は､「かぐや」と「おきな」が先立ったため観測を停止しましたが、じつはまだ月のまわりを回り続けています。昼夜を問わず観測してきた「月の重力場」を、きっとまだ測りたいに違いありません。

もし、いずれそれが実現するとなれば、これまでと同じことをやっていても注目はされません。より詳しく月を調べる画期的な観測技術が必要となることでしょう｡「おうな」は、そうした新たなパートナーが一緒に月を回ってくれる時を心待ちにしているのではないでしょうか。あるいは、将来の月面基地と通信できる日を楽しみにしているかもしれません。

月レーダーサウンダー
LRS

小野高幸
東北大

よくもあんな遠いところまで行き、五体満足で、長きにわたって観測を続けてくれました。電波で月の地下構造を調べようとの着想から12年。最初はできると誰も信じてはいなかったが、検討を進めるうち、試験と評価をぬかりなくやれば、きっと成功するに違いないと信じられるようになりました。

ただ、ごくごく微弱な電波を観測するため、自分自身の電磁ノイズ低減を徹底しなければならない上に、他の観測機器の方々にもそれをお願いしなければならなかった。みなさんの温かい協力があればこその成功だったと思います。本当に感謝しています。

１年半の観測期間を終え、望んでいた以上の成果が得られました。かぐや、本当にありがとう。おつかれさまでした。

レーザ高度計
LALT

荒木博志
国立天文台

たくさんの重い荷物をぶら下げて、長い間、本当におつかれさまでした。内心はすぐにでも帰りたかったのでしょうが、１年半もの間よく耐えて仕事を続けてくれました。おかげでこれからの月科学や探査の足がかりとなる知見がたくさん得られました。

お願いした「レーザ高度計」では、月全体の地形を詳細に調べつくすことができました。特に太陽の光が届かず、画像の得にくい極域の地形図には、世界中から多くの関心が寄せられています。何しろ世界初のことでしたからね。

レーザ測距の原理は天体の形を調べる上でたいへんわかりやすいものでしたが、月ではアポロ、クレメンタインに次いで３番目と実績は多くはありませんでした。今後の月探査では、岩石を蒸発させて分光観測する計画が具体化するかもしれません。その時はまたよろしくお願いいたします。

月磁場観測装置
LMAG

綱川秀夫
東工大

冬の深夜、窓を開けると満月が南中している。吐く息がかからないようにして、厚紙でできた１mほどの円筒をそっと窓枠に置いた。小遣いをためて買ったキットの天体望遠鏡は白色で、両端に黒い帯があり一応の格好はついている。しかし、架台もファインダもないただの筒である。

少しどきどきしながら覗いた。真っ暗で何も見えない。手で支えたまますらしていくと、いきなり月が全視野に広がった。まぶしいくらいだ。想像以上にクレータがよく見える。もっと焦点をあわせようとするが、ふらついてしまううえに寒さで手がかじかんできた……。

それから40年以上経ったいま、月磁場の観測データをあれこれと解析している｡「かぐや」により、キット望遠鏡で見た月は再び現れ、私のアルバムの一葉として収まった。

※PI：Principal Investigator。
観測機器の提案をし、機器開発やデータの解析研究の責任を負う

粒子線計測器
CPS

高島健
JAXA

手塩にかけて育て上げた娘は、元気に旅立っていきました。しかし過保護な環境に慣れてしまったのか、厳しい世界でなかなか自分のよさを出せずにいました（CPS-PS一部不具合）。手を差し延べようにも、もう届きません（本当にこれは悲しかった）。

けれど、娘の自立心を信じて、少しずつ綴られる文を読みとり、時には叱咤激励の言葉を返しながら、ようやく新しい様子を知ることができました。すでに便りが届くことはありませんが、残された文面を何度も読み返しながら、そこに隠れた真実の発見をしていくことが楽しみです。

ガンマ線分光計
GRB

長谷部信行
早稲田大

かぐや姫はいろいろな苦しみと困難を乗り越えて、少しずつ大人になっていきました。吾輩も夜空に浮かぶ月を見つめ想いを馳せ、大きな夢を見ていました。そして、選りすぐりの15人の供と一緒に、光り輝く月に旅立ちました。吾輩もその１人です。

一行は月のまわりをぐるぐると回りながら、月世界を見て回りました。そこはいろいろな光が飛び交う美しい国です。キラキラと光り輝く宝石も一杯です。きれいな世界地図もできました。

そして待ち焦がれた月の都にそっと降り立ちました。仲間も吾輩も足を降ろし、その使命を終え、ほっと溜息をつきました。みなさんご苦労様でした。でもちょっと寂しいな……。

次は、かぐや姫のいる月の都に降りて姫と一緒にロバに乗り、山や川、海をゆっくりと散歩するんだよ。それがもう１つの夢なんだ。だから、乾杯と涙はそれまでとっておくんだ。その時まで、みんなお元気で！　またお会いしましょう。

ハイビジョンカメラ
HDTV

山崎順一
NHK

ひょっとしたら「かぐや」は、われわれの問いかけにこんなふうに答えてくれるかもしれません。

「本当に仰天しましたわ､ハイビジョンカメラを載せるという話を聞いた時は。何しろいままで14の子どもたちを載せるのに精いっぱいでしたからね。みんな生まれ育ちのよい秀才たちばかりでしょ。ダイエットもしてもらって、これで完ぺきだったわけです。そこへ、ほら、ガラが悪いって言っちゃなんだけど、なんか場違いな子どもが来るって話じゃない（笑）。

言葉遣いも悪くて、大食いらしいという噂を聞いて、本当は心配してたのよ。でも仲間に加わったら、結構やるじゃないって。場所が悪いのに不満も言わず、遅れも取り戻してよく頑張ったわ。手のかかる子だったけど、月から奇麗な映像を送り出してくれた時は本当にうれしかったわ。次のチャンスも頑張ってねって、月から声援を送ります」

スペクトル
プロファイラ
LISM/SP

松永恒雄
国立環境研

のちにLISMと名付けられる観測機器の提案をまとめるべく四苦八苦し、ようやく提案書の原稿を提出したのは、1996年３月９日、明け方の研究室からだった。その日は当時29歳だった私の結婚式当日、新婚旅行出発を翌日に控えた日。それから13年……。

あの時の提案書から生まれたLISMは、その後の長い開発期間と、２年弱の月での観測ミッションを走り通した。その間、私を含めた若くて経験不足で勢いだけのチームメンバーが、さまざまなトラブルにぶつかり、右往左往し、それを乗り越えながら少しずつ成長していく様子を、きっとLISMは不安気に見ていたに違いない。いま月面に眠るLISMには「ここまで来たら（多分？）もう大丈夫だよ。あとは私たちに任せて、安心してお休み」と言ってあげたい。

リレー衛星
「おきな」
RSAT

並木則行
千葉工大

「かぐやが月面衝突しましたね、どんな気持ちですか？」と聞かれる。だがぼくにはうまく答えることができない。ぼくの「かぐや」プロジェクトはいまも終わっていないからだ。セレーネプロジェクトの始まりにぼくらは「月の起源と進化を探る」という目的を立てた。その目的はリレー走のバトンのように搭載機器開発者に引き継がれ、かぐやに託された。

21か月の観測期間中、かぐやは傷つき転びそうになりながらも最後まで観測をやり遂げ、ぼくらにバトンを戻してくれた。この素晴らしい観測データから、もっともっと多くの科学成果を引き出すことができるはずだ。そして「次のランナーへ、未来の惑星科学者たちにこのバトンを渡してくれ」と、かぐやに言われた気がする。

かぐやはゆっくりとトラックから退場した。だがぼくらに、手を振り、別れを惜しむゆとりはない。約束するよ、このバトンを次につなぐまで、ぼくらは走り続けることを。

超高層大気プラズマイメージャ UPI

吉川一朗
東京大

ひょんなことから観測装置のジンバル（可動機構）を自前でまかなうことになり、筆舌に尽くしがたい苦労を味わいました。UPIは私が関わった中でも、もっとも大きくて複雑な装置となりました。開発期間中はマーフィーの法則を地でいくように、最悪のタイミングで最悪の事態が起こり続け、正直、かなり後悔もしていました。

しかし機器開発を通じた人との出会いで、私の視野は広がりました。月周回軌道に入って2008年春のファーストライト以降は、目もくらむような素晴らしいデータも撮れました（わずかな期間でしたが）。その後のジンバル不具合から、「地球プラズマ圏外から極端紫外光で全天走査」というユニークな観測ができ、新たな眺望が開けつつあります。「味わった苦労、ムダにはなってないかな」という気もしています。

地形カメラ LISM/TC

春山純一
JAXA

いま思うと、PIを引き受けた15年前は、怖いモノ知らずでした。次々と起こる問題は機器のことや予算のこと、あるいは体制のことだったりもしました。レビュー会はいつも針のむしろで、「カメラの失敗はプロジェクトの失敗」とのプレッシャーも相当でした。

しかし、打上げ成功、初データ取得、科学的に貴重なデータの取得、最初の論文発表……。節目節目で大きな感動を味わいました。多くの仲間と苦楽をともにする、探査プロジェクトならではの醍醐味を堪能できた気がします。「かぐや」とLISMに、そして多くの方々に感謝の念で一杯です。

しかし科学的な解析は、まだこれからが正念場です。「かぐや」の名を不朽のものとするよう、がんばっていきたいと思っています。

電波科学 RS

今村剛
JAXA

観測装置の調整のために幾度も臼田宇宙空間観測所に出かけ、直径64mのパラボラアンテナがまっすぐに月を向いて月周回機と交信する、現実離れした光景に見とれました。2002年ごろ定年退官を控えた小山孝一郎先生から「後はよろしく」とバトンを渡されるまで、これほど濃密な月との対話があるとは思いもしませんでした。

われわれがターゲットとする月の電離層は、まだ正体もよくわからない、謎に満ちた存在です。月へ帰るかぐや姫のごとく、すがる手の間をすり抜けていくようです。「追いかけてくるもあなた次第、他の人へ目を移すもあなた次第」――。

くすくすと笑う声が聞こえるようです。

プラズマ観測装置 PACE

齊藤義文
JAXA

必死になって準備した観測装置が初めてデータを送って来た時の感動が、人間の誕生の感動とほとんど同じと気づき、われながら驚きました。「かぐや」の観測装置PACEは、そういう意味で私にとって２番目の子どもでした（実の子を別にすると）。

姉にあたる観測装置は、火星に向けて旅立った「のぞみ」に載って、いまも宇宙のどこかを飛び続けています。時々「どこにいるのか……」と考えることがありますが、それに比べて「かぐや」に載った子どもは、いつでも見えるあの月にいます。だから月を見ると何となくあたたかい気持ちになれます。自分か子どもか孫か、またその子どもかもしれませんが、月へ自由に行ける日が来たら、会いに行ってあげてほしいと思います。

そして私たちの実験室では、水星をめざす３番目の観測装置が胎動を始めています。「のぞみ」「かぐや」の観測装置たちの、弟になるのか妹になるかは、まだわかりませんが……。

蛍光X線分光計 XRS

岡田達明
JAXA

大学院生だった私が、惑星科学のそうそうたるメンバーの揃う会議に急に呼ばれたのは、1995年夏のことでした。それが「かぐや」で行う月科学観測の検討がスタートする会議でした。以降、多数の関係者の努力によって「かぐや」はミッションとしてしっかり立ち上がり、開発され、飛翔し、使命を全うしました。

思えば非常に長い付き合いでした。惑星探査用の観測機器の基礎開発というニッチな研究テーマに取り組む大学院生だった私がここまで来るのに、アッという間に過ぎたという感覚しか残っていません。私を含めたXRSチームのメンバーのほとんども、大学院時代から参加してきたことになります。図らずもさまざまな現場経験を積むことができ、感動や苦渋も味わいました。

2010年代には月（SELENE-2）や火星（MELOS）、小天体（はやぶさ2）などの探査が検討されており、「かぐや」での貴重な経験を次に活かしていきたいと思います。

マルチバンドイメージャ LISM/MI

大竹真紀子
JAXA

もし、かぐやさんが私たちに何か声をかけてくれるとしたら、きっとこう言ってくれることでしょう……。

「１年半かけて月を何千周もして、あなたたちのために星の数ほど月の画像を撮ってあげたんだから、１枚も無駄にしないでちゃんと月のこと調べてね！」

それなのに、私がこれまで研究に使えているのは、得られた画像のまだほんのごくごく一部でしかありません！観測自体は終了しましたが、私にとっての「かぐやプロジェクト」は、まだ始まったばかりだと思っています。これからさらに研究を進めて月の謎を明らかにしていくことが、かぐやさんの頑張りに本当の意味で答える道だと、心を新たにしています。

アートから見える宇宙

INTERVIEW 1

美術解剖学者が宇宙飛行士をモデルに探る身体の未来像

ゼロGで暮らすと、人類はどう「進化」する？

若田光一宇宙飛行士の国際宇宙ステーション（ISS）長期滞在開始から1か月ほどが過ぎた4月14日、東京藝術大学の宮永美知代助教が提案した宇宙実験が軌道上で実施された。プレスリリースされたその題名は《微小重力の身体と衣服設計に関する基礎実験—宇宙でのファッショナブルライフ—》……。文面を熟読玩味してもなかなかその内容が伝わってこないので、詳細をうかがうべく上野の森のキャンパスに宮永先生を訪ねた。

（取材・文／喜多充成）

宮永美知代さん
Miyanaga Michiyo
東京藝術大学美術学部・
助教／医学博士
同大学院美術教育
（美術解剖学Ⅱ）研究室
『美女の骨格　名画に隠された秘密』
（青春出版社、2009年）
などの著書も

無重力状態では脚が不要になる？

—先生、つまり何を知りたいがための実験だったんですか？

宮永　出発点は、人間が宇宙のゼロG環境で生活するとしたら、身体と身体の使われ方にどのような変化が起きるのか、という興味から発案した実験でした。

—無重力や低重力への適応ということであれば、古くは「タコ型の火星人」がその典型でしたね。体肢は細く柔軟で、非常に発達した脳だけを支える……。もちろん作家の想像力の産物でしたが、先生の場合は、ご専門の美術解剖学の視点から、実証的な検討を加えようと？

宮永　宇宙で世代を重ねることを選んだとすると、人類はどのような進化を遂げるか、考えてゆくベースがほしかった。宇宙飛行士に、無重力状態だからこそできるさまざまな動作を試行してもらい、その映像を見ながら、印象も含めてうかがってみたわけです。たとえばレオナルド・ダ・ヴィンチは生涯に約30体を解剖し、それを作品に活かしていた。ルネサンス期は、それまで宗教によりタブー視されていた人体を、それこそ内部構造から含め、芸術家が再発見した時代だった……。

—人類が宇宙で活動しはじめたいまこそ、芸術は人体を再々発見できるはず、と？

宮永　誇張されすぎですが、そういう言い方でもいいかも（笑）。

—では具体的に、若田さんに何をやってもらったんですか？

宮永　たとえば両足を膝と足首のところでベルクロで固定し、「魚になった気持ち」で移動してもらったりしました。これは私自身が以前パラボリックフライト（航空機内で短時間の無重力状態を再現する飛行方法）を体験した時に、「なぜ脚はこんなに大きいのか」と実感し「無重力でこれが不要になるとすると……」と疑問を抱いたからです。

—重力の負荷がなくなる宇宙空間で、筋量や骨量の低下を最小限に抑えるため、宇宙飛行士は毎日かなりの時間をトレーニングに費やしています。

宮永　いずれ地上に戻るからにはそれは絶対に必要です。しかしそうでなければ、人体はどう「進化」するのか。あるいは人体に合うように人工的な重力のある環境をつくるのかもしれませんし。さまざまな疑問がわきます。若田さんへのお願いの中には、魚のほかにも、壁をはうクモや、羽ばたく鳥になった気持ちで室内を移動をしてもらうというものもありました。

—なかなか難しい注文だったんでしょうか？

宮永　いえ、もうそれらのすべての動作が見事に、美しくスムーズに行われていた。

—若田さんはだいぶ事前に練習していた？

宮永　わかりません。うかがっていませんが、帰還されてお話する機会があればぜひ聞きたい部分ですね。いずれにしろその動作の一部始終を筑波のきぼう管制室の一角から目の当たりにすることができて感激しました。人類が自ら選択した「進化」への扉が開かれていくのを目の当たりにする喜びを感じました。

実施までハードルが高いだけに感激もひとしお

—ところで、一般に「宇宙実験は実現までのハードルが非常に

バネ式の体重計を使う若田宇宙飛行士。緑色の骨格のトレースは宮永さんによるもの。当然ながら1Gの重力に抗（あらが）うための「腰椎の前弯」は見あたらない

高く、時間もかかる」というイメージがあります。

宮永　たしかにそれはあります。しかし宇宙でなくては実現できない実験もある。だから私もチャレンジしたんです。実はこの提案も、倫理委員会から指摘を受け「もうダメか」という思いを味わった末に、実現したものだったんです。

――倫理委員会？

宮永　人間を対象とする研究は、倫理面および安全面での確認が必要となっています。必要以上に苦痛や負担を与えることになっていないか、必要な対策がとられているかなどが確認されます。動作実施後のアンケートの設問についても同様で、たしかにそれは必要なことだと思います。

また当初は身体表面の温度や湿度を記録する計器類の持ち込みも考えていましたが、安全に関わる審査が非常に厳しく、新たな機材をISSに持ち込むことはあきらめざるを得ませんでした。若田さんに、お願いした「動作」に関しても緊急事態への対応を妨げるものであってはならないわけです。

――火災やデブリ衝突なども想定して……。

宮永　両脚の固定にヒモを使うのでなくベルクロを使用したのもそのためです。

――若田さんとは事前の打ち合わせは？

宮永　バックアップクルーの野口聡一さんとともに面談のお時間をいただきました。実験の主旨をよく理解していただいただけでなく、実施を了解してもらえました。

――さまざまな国籍や文化的背景を持つ人々との仕事をしつつ、しかも日本語での微妙なニュアンスも含め受け止めてくれる若田さんだったからこそ、という部分は？

宮永　それはとても大きなファクターです。手続きに時間がかかったのも、芸術実験の意義や意味をなかなかご理解いただけなかった、また説明しきれなかったからだと思っていますから……。

軌道上では、実験準備も含め1時間半。若田さんにいろいろな面でご配慮いただき実現した実験だったと、本当に感謝しています。

それまで手をついて歩いたり、枝からぶら下がって暮らしていた人類の祖先が、直立二足歩行したことから生じたのが「腰椎の前弯（図中の赤の部分）」。数百万年前、ヒトの身体に起きたであろう、きわめて劇的な変化だった。「今回の実験結果をもとに、長期宇宙滞在における身体と衣服のもつ意味の大きさを考えつつ、未来の身体、未来のファッションを、繊維素材の専門家、デザイナー、CGアーティスト、彫刻家らとともに展開していきたいと思っています」（宮永さん）

INTERVIEW 2

小山宙哉さん Koyama Chuya
漫画家

作者・小山宙哉さんに聞く

弟がライバルで先輩!? 連載漫画『宇宙兄弟』

2008年から漫画誌『モーニング』で連載が始まったこの作品は、タイトルの通り、宇宙をめざす兄弟の物語です。時代設定は2025年。主人公の南波六太（むった）は、JAXAの選抜試験を受け、ライバルたちと競い合いながら宇宙飛行士候補者をめざします。そして、兄よりひと足先に宇宙飛行士になった弟の南波日々人（ひびと）は、月での長期滞在をめざし旅立っていきます。今回は、この漫画の作者・小山宙哉さんに執筆の苦労話などをうかがいました。

専門家がギリギリ納得できるところを描いていきたい

――1年以上連載を続けてきて、宇宙開発や宇宙飛行士に対する思いや関心はいかがですか。

小山　やはり描く前は何も知らないところから始めて、取材していろいろ知っていく中で現実の厳しさとか大変さを実感してきました。思っていたよりも大変だぞと（笑）。

――夢と現実の落差ということですね。具体的には、たとえばどんな。

小山　まず宇宙飛行士に選ばれること自体が相当難しいというのもそうですけど、そもそも月に基地をつくるのは難しいとか、そういうマイナスイメージな話を聞いたので、厳しいなあって。ただ、宇宙に詳しい方が見ても、これならギリギリ納得できるだろうというところを描きたいと思っています。「重力装置付きの宇宙船で快適に火星へ行く」とか、漫画なんで自由にできちゃいますけど、実際には資金面で無理があったり、船内が快適でないことも多かったりするようなので、そういうリア

ルな問題は無視しすぎないように描きたいと心がけています。

――毎回、締め切りがある連載で作品を描いていくのは大変ですか。

小山　はい、宇宙の部分が特に。わからないだけに。やはり、絵にする作業が大変です。最初の頃はなかなか取材ができなくて、描きたい部分が絵的にもわからなくて、苦労しました。JAXAの建物の外側は撮れても、内側はあんまり。だから想像で描いていくしかないなと。どういう人たちが働いているのかとか、宇宙飛行士ってどういう会話をするんだろうとか、知らない部分を想像しながら描いていました。

――ストーリーをつくるのと、どちらが難しいですか。

小山　いや、どっちかというとそっちのほうが苦労なんですけど(笑)。ただ、そういう現実の中で頑張ってやってる人たちもいるというのがだんだんわかってきたので、それを描いていこうかなと思っています。イメージしていたより、もっと人間的で。こういうところがけっこう普通なんだとか。閉鎖環境での話とかも面白かったし……。閉鎖環境は、ぼくも漫画家として室内でずっとやってるんで、スタッフみんなで、「ぼくらも1週間ぐらい大丈夫だろうな」って話しています(笑)。

『宇宙兄弟』の単行本。
現在6巻まで刊行されています

優秀だけど普通っぽい人が宇宙飛行士になれれば面白い

――野口宇宙飛行士にも直接取材されたそうですが、宇宙飛行士になる人、あるいはめざしている人たちはどんなところがすごいと思いますか。

小山　基本的に勉強ができる人たちで、記憶力も並外れてよいというのはすごいと思います。たとえば英語を勉強しようということになったら、すぐそれをどんどん吸収していくことができたり、常に冷静でいられて、言われたミッションをちゃんとこなせたりとか、大変な仕事も自分の中で楽しいものに変えて、前向きにできる人が強いんだなぁと、取材の中で感じました。

――そう言いながら、作品では人間的な部分もかなり描かれていますが(笑)。

小山　ええ。優秀で完璧な宇宙飛行士の理想像では考えず、「ぼく自身がこの場にいたらどう感じるだろうか」ということを考えて描いています。宇宙飛行士になれるような優秀な人でも、わがままなところもあったり、内心では「こんな作業面倒くさいな」とか思ったりする人も当然いるでしょうから。そういう人間的なところはそのまま描いたほうが、正義感に満ちあふれた主人公よりリアルでいいと思っています。

――なるほど。実際作品を描いていて、こういうシチュエーションだったら自分はこうするだろうと。

小山　そうですね。自分や、あるいは他のキャラクターだったらどう思うだろうかとか、想像して描いています。

――主人公・六太のキャラクターはどのようにしてできてきたんですか。

小山　普通の人っぽい、優秀だけど普通っぽい人が宇宙飛行士になると面白いんじゃないか、というところから始まっています。あとは宇宙飛行士の特性というか、一般の人たちより抜きん出ているところを「六太」に追加していく感じです。集中力がとにかくすごいとか、細かいことによく気付くとか、他より優れている部分を六太にもたせるようにしていきました。

――他にもいろんな人が出てきますが、小山さんご自身が投影されたキャラクターはいるんでしょうか。

小山　うーん、基本的には全員にぼくの一部が入っていると思います。自分にいちばん近いというと、子どもがいる「ケンジ」(=真壁ケンジ。選抜試験で知り合った六太の友人)は、わりと近いと思います。あと、「ヤッさん」という関西人(=古谷やすし。京都出身の選抜受験生)。ぼくは関西人なんで、いちばんやりやすいですね。

担当編集者からひと言

講談社
『モーニング』編集部
佐渡島傭平さん

いちばん初めに向井万起男さんの本(『君について行こう――女房は宇宙をめざした』)を読んだらすごく面白くて、それで小山さんにも渡して、これは面白いということで「宇宙」をテーマにした連載を始めました。

基本的にストーリーは小山さんに任せていて、私は、資料集めやマンガの参考になる話をできる人を見つけています。事実にこだわりすぎず、マンガだからちょっとウソをついてもいい、ギリギリのところを話してくれる人を探すのは、なかなか難しいですね。

読者の方からは、(日本上空を通る)ISS をチェックして見るようになったとか、星をよく見るようになったという感想をたくさんもらいます。あとJAXA に見学に行きました、というハガキも多いですね(笑)

◀全国天文キャラクター・シンポジウムでの集合写真。後列左から、「ほしまる」（兵庫県立西はりま天文台）、「ひょんたん」（伊丹市こども文化科学館）、「ぴょん太」（広島市こども文化科学館）、「テンピー」（島根県立三瓶自然館サヒメル）、「コマッキー」（小牧中部公民館）、前列左から、「びわっち」（ラフォーレ琵琶湖）、「ブラック星博士」（明石市立天文科学館）、「まんてん仮面」（能登町満天星天文台）、「きくはちぞう」（JAXA）、「アストロA（アンサー）」（千葉市科学館）、「シゴセンジャーレッド」、「シゴセンジャーブルー」（明石市立天文科学館）

全国の天文キャラクターが、明石市でシンポジウムを開催

6月下旬に明石市（兵庫県）で開かれた「全国プラネタリウム大会」。この大会は、世界有数のプラネタリウム保有国である日本で、その関係者が一堂に会して毎年開催されているものです。世界天文年の今年は、「日本標準時子午線のまち」明石が、その舞台。私も、大会に先立ち一般の方々に向けて行われた記念イベントに出かけてきました。

シゴセンジャーの招きで天文キャラクターが大集合

ここでは、私の講演「宇宙の研究・開発のいまと未来」に引き続いて行われた「全国天文キャラクター・シンポジウム」をご紹介しましょう。

じつは地元の明石市立天文科学館には有名なキャラクターがいて、新聞にも頻繁に取り上げられる人気者です。その名は「軌道星隊シゴセンジャー」のレッドとブルー、そして悪役の「ブラック星博士」。「寒いダジャレで時の進みを狂わせるブラック星博士から、軌道星隊シゴセンジャーが日本標準時を守る」という設定です。

今回、彼らの招きに応じて、ふだん施設や地域の外に出る機会の少ない天文キャラクターたちが全国各地から明石に集まってきました。写真を見てもらえばわかるとおり、変身ヒーローや着ぐるみ系など多彩な顔ぶれです。JAXAも、筑波宇宙センターの協力を得て「きくはちぞう」（言わずと知れた技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」のマスコットキャラクター）が参加。筑波エリアやJAXAウェブ以外に登場するのは彼にとって初めてのことで、ついに全国デビューとなりました。

想定外の事態続出でシナリオは大幅変更

私も大会2日目のナイトセッションで着ぐるみの中に入った「きくはちぞう」には、事前に事務局サイドから、座れますか？しゃべれますか？筆談は？耐久時間は？ といったかなり詳しい問い合わせが入っていました。他のキャラクターも多数集まっての集団行動には、たしかにとても重要な確認ポイントです。

そして当日、何せふだんは広い場所で活動している各キャラクターたち、控え室の狭い廊下や入口を通り抜けられなかったり、真正面が見えず先導が必要だったりと、想定外の事態が続出。事前のシナリオは大幅な変更を余儀なくされました。

また、着ぐるみ系のキャラクターはほとんどがしゃべれず、アドリブが効きにくいのも難点です。着脱の利便性とか、通気性とか、メンテナンス性能、そしてフットワークの軽さや、座れるかどうか。果ては要望に応えてサインできるか？ といった点でも性能の違いが際立ちます。

ちなみに「きくはちぞう」は、着ぐるみ系では比較的、機動性はあるほうでしたが、スタンバイに時間がかかり、頭がグラグラし、視野が狭いほか、（これは私にとってですが）全体にサイズが小さく、腕が細すぎて曲げると裂けそうになり、胴体も短いので少し喰いこむなど、改善点も多々あります。手先も器用でなくサインもうまくできませんでした。汚れも気になりますが、クリーニングや消臭の方法について他のキャラクターと情報交換しましたので、今後は多少状況が改善されていくことでしょう。

全国キャラクターシンポジウム・声明文

汗にもまけず
風にもまけず
雪にも夏の暑さにもまけぬ
じょうぶなからだをもち

欲はなく
けっしておごらず
いつもしずかにわらっている

ペットボトル一本の水と
すこしの日かげさえあれば
だいじょうぶ

東に明るい星あれば
星の名前をおしえてやり

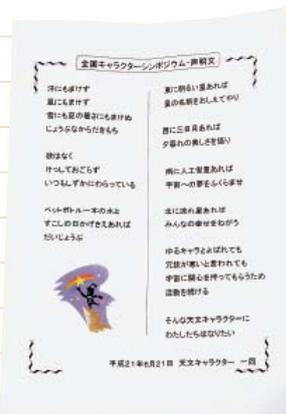
西に三日月あれば
夕暮れの美しさを語り

南に人工衛星あれば
宇宙への夢をふくらませ

北に流れ星あれば
みんなの幸せをねがう

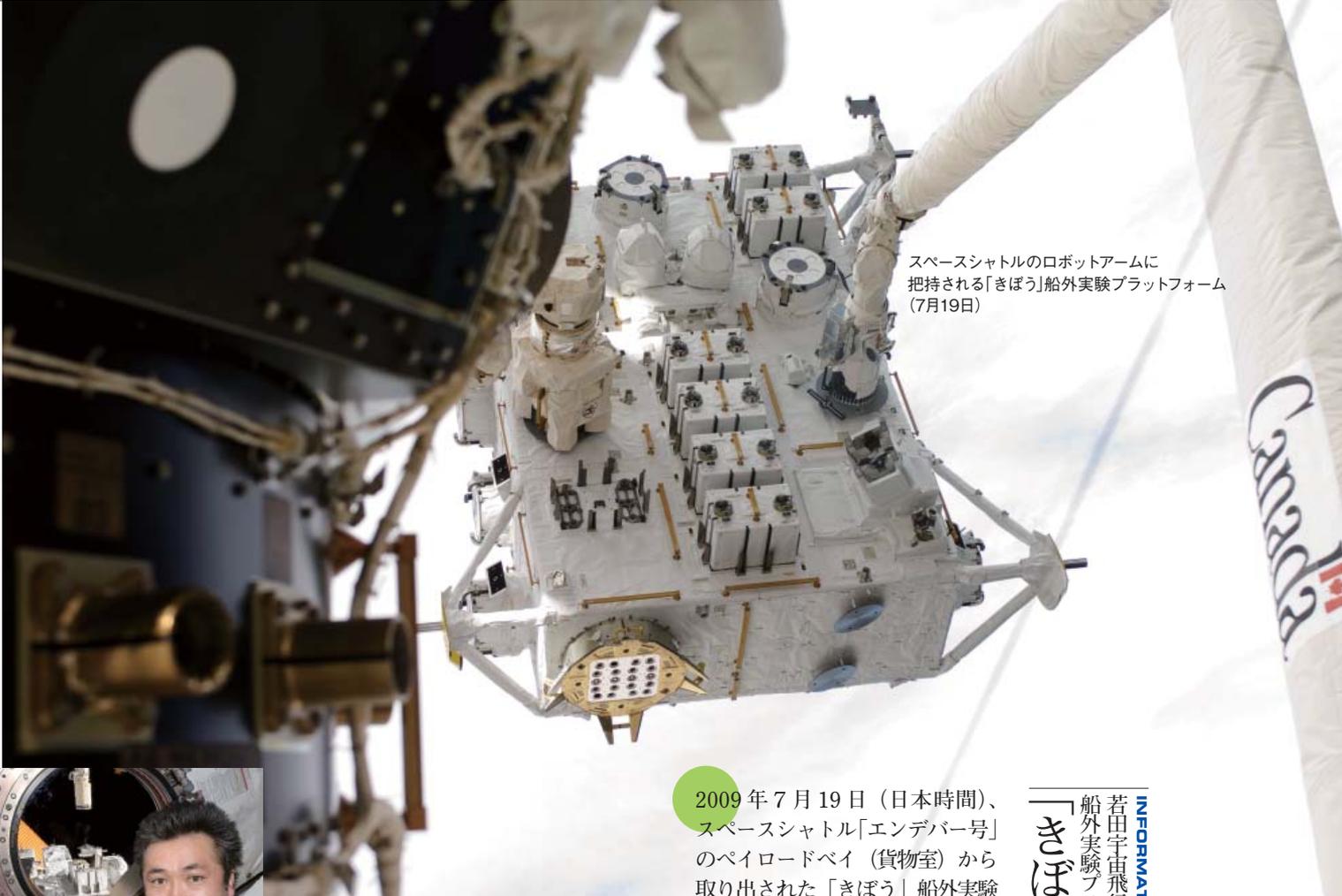
ゆるキャラとよばれても
宇宙に関心を持ってもらうため
活動を続ける

そんな天文キャラクターに
わたしたちはなりたい

平成21年6月21日 天文キャラクター 一同

▲イベントの締めは共同声明。集まった天文キャラクターたちの総意として、宮澤賢治の「雨ニモマケズ」をもじった声明文が発表されました。宇宙の魅力を伝えるために活動中の全国の天文キャラクターたち、みんなで力を合わせてがんばろう！

阪本成一
Sakamoto Seiichi
宇宙科学研究本部対外協力室教授。専門は電波天文学、星間物理学。宇宙科学を中心とした広報普及活動をはじめ、ロケット射場周辺漁民との対話や国際協力など「たいがいのこと」に挑戦中。

◀大会2日目のナイトセッションでの「きくはちぞう」と私（中にいます）

最前線

スペースシャトルのロボットアームに
把持される「きぼう」船外実験プラットフォーム
（7月19日）

若田宇宙飛行士と、
「きぼう」日本実験棟
船内実験室の
窓から見える船外パレット
（7月22日、画像はいずれもNASA提供）

INFORMATION 1

若田宇宙飛行士が
船外実験プラットフォーム設置

「きぼう」日本実験棟がついに完成

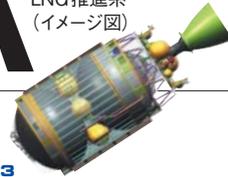
2009年7月19日（日本時間）、スペースシャトル「エンデバー号」のペイロードベイ（貨物室）から取り出された「きぼう」船外実験プラットフォームは、長期滞在中の若田光一宇宙飛行士が操作する国際宇宙ステーションのロボットアームによって、「きぼう」船内実験室に取り付けられました。船外実験プラットフォームは正常に機能し、これにより「きぼう」日本実験棟の組み立てが完了しました。

その後7月24日（日本時間）には、この船外実験プラットフォームに、「きぼう」船外パレットで運搬されてきた3つの船外実験装置を設置しました。装置は、全天X線監視装置（MAXI）、衛星間通信システム曝露系サブシステム（ICS-EF）、宇宙環境計測ミッション装置（SEDA-AP）の3つで、船外装置の移設が終わるとICS-EFが起動され、JAXAのデータ中継技術衛星「こだま」（DRTS）を経由して筑波宇宙センターとデータ、画像および音声などの送受信を行うためのアンテナが展開されました。

INFORMATION 2

H-ⅡBロケットの地上総合試験（GTV）を実施

2009年7月11日、JAXAと三菱重工業株式会社は、H-ⅡBロケット開発試験の一環として、H-ⅡBロケット試験機と射点／射場設備を使用した地上総合試験（GTV）を種子島宇宙センターで実施しました。GTVでは、フェアリングは装着されませんが、フライト用のエンジン、SRB-A（固体ロケットブースター）4本が装着され、エンジン着火直前まで実際の打ち上げと同じ手順で試験を行い、機体や地上設備、作業手順の最終確認を行うもので、試験は良好に終了しました。

機体移動後の
H-ⅡBロケット

J A X A

会見で心境を語る
土井隆雄宇宙飛行士

INFORMATION 4

土井隆雄宇宙飛行士が9月から国連宇宙部へ着任

2009年9月からオーストリアのウィーンにある国際連合宇宙部に宇宙応用課長として着任することが決まっている土井隆雄宇宙飛行士が7月8日、JAXA東京事務所で会見しました。

土井宇宙飛行士は、1985年に宇宙飛行士候補者に選抜され、97年のスペースシャトル「コロンビア号」によるSTS-87ミッションと、08年の「エンデバー号」によるSTS-123ミッションで2度の宇宙飛行を行い、STS-87ミッションでは日本人初の船外活動、昨年のSTS-123ミッションでは国際宇宙ステーションへの「きぼう」船内保管室の取り付けを実施しました。

土井宇宙飛行士は、「宇宙飛行士としてできることをすべて行い、夢を果たすことができた。とても満足している」と話し、今後は、宇宙飛行士活動を停止し、宇宙の魅力を世界に広め、平和のために活動していきたいとの抱負を語りました。

ポンプ加圧、
アブレータエンジン方式の
LNG推進系
（イメージ図）

INFORMATION 3

LNG（液化天然ガス）実機型エンジン燃焼試験

液体酸素と液化天然ガスを組み合わせた「LNG推進系」は、現在、H-ⅡAロケットの第2段エンジンLE-5B-2、第1段エンジンLE-7Aで使用されているような、液体酸素（酸化剤）と液体水素（燃料）を組み合わせた「水素推進系」のエンジンと比べて性能面では劣るものの、①宇宙空間で蒸発しにくく、長期間宇宙で運用する軌道間輸送機や惑星探査機に適する、②推進薬が安価であることから、打ち上げ経費等の低減が可能、③爆発などの危険性が低く、安全性が高い、④高密度のため推進薬タンクがより小型となり、再使用型輸送機などの大型ロケットの1段に適している、といったメリットがあります。

このような特徴を活かし、JAXAでは、LNG推進系の実用化に向け、研究開発を進めています。この開発の一環としてLNG（液化天然ガス）実機型エンジンの設計の妥当性を確認することを目的としたエンジンの燃焼試験が、6月22日より株式会社IHIの相生事業所（兵庫県相生市）で実施中で、7月末時点で、長秒時試験2回を含む計6回の燃焼試験を実施しています。

7月7日に行われた第3回LNG実機型エンジン燃焼試験。エンジンを500秒燃焼させて、正常に作動することを確認した

試験設備に据え付けた状態のLNG実機型エンジン

INFORMATION 6

JAXAシンポジウム2009に600名を超える来場者

「『きぼう』から遥かなる宇宙へ」をテーマにしたJAXAシンポジウム2009を、7月9日に都内で開催しました。

今年は、ナビゲーターにフリーアナウンサーの草野満代氏を迎え、①宇宙医学生物学研究室の向井千秋室長による「宇宙滞在を支える究極の予防医学」、②赤外・サブミリ波天文学研究系の中川貴雄教授による「宇宙から宇宙を探る」の2テーマによるトークセッションを行いました。

向井室長は、2007年にスタートしたみずからが室長を務める宇宙医学生物学研究室について、将来の月・火星探査を視野に入れて積極的に活動していくとして、その具体的な方針を話しました。また、中川教授は、ビッグバンからの宇宙の歴史をひも解きながら、まだ解明されていないダークマターなどにわかりやすく解説を加え、600人を超える来場者が熱心に聞き入りました。

当日の会場の様子

INFORMATION 5

JAXA堀川・樋口元理事にNASAより感謝状

これまでのJAXA-NASA（米国航空宇宙局）間の協力関係にかかわる優れた貢献が評価され、このほど堀川康氏（元JAXA衛星担当理事）と樋口清司氏（元JAXA国際協力担当および探査ミッション担当理事）の2名に対し、NASA国際局長の感謝状が授与されました。

堀川・樋口の両元理事は、1980年代より国際宇宙ステーション（ISS）計画に携わり、「きぼう」日本実験棟の開発や、ISSの米国との共同開発に大きな貢献をしました。今回の表彰は、宇宙ステーション計画や衛星利用等の数々の日米協力を通じ、JAXA（日本）の技術力の高さ、真摯な活動がNASAに認められた証と言えるものです。

写真：米国大使館で、局長に代わりジェームス・P・ズムワルド駐日米国臨時大使（中央）から感謝状を授与された堀川元理事（左）と樋口元理事（右）

JAXA's
宇宙航空研究開発機構機関誌 No.027

発行企画●JAXA（宇宙航空研究開発機構）
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー
2009年8月1日発行

NEWS

超高速インターネット衛星「きずな」が硫黄島の皆既日食の映像を伝送

2009年7月22日、日本では1963年以来46年ぶりに皆既日食が観測されました。当日は、自然科学研究機構国立天文台（NAOJ）、NHK、情報通信研究機構（NICT）、JAXAが協力し、超高速インターネット衛星「きずな」を利用して、硫黄島、父島からハイビジョン映像の伝送実験を実施しました。

7月22日11時29分、硫黄島から撮影された皆既日食（撮影NAOJ、伝送協力NICT/JAXA）

ウェブマスタのとっておき、おすすめコンテンツ

JAXAウェブサイトを見よう!

親子で一緒に夏の自由研究に取り組む

子どもたちにとっては、夏休みもそろそろ中盤。JAXAウェブサイトを、お子さんの自由研究に役立ててみてはいかがでしょうか。

JAXAクラブの「おすすめリンク集」では、いろいろな宇宙サイトへリンクを貼っています。この中の「楽しく学ぼう！」では、人工衛星などのペーパークラフトの作り方や、クイズコーナー、自由研究の紹介など、親子で一緒に体験できるコンテンツをたくさんご用意しています。

また、ウチュ～ンズの「みんな気になる?!ギモンと答え」では、宇宙や星、ロケット、人工衛星などに関する素朴な疑問に、専門家がわかりやすく答えています。

JAXAクラブ:おすすめリンク集
http://www.jaxaclub.jp/recommend/index.html

ウチュ～ンズ:みんな気になる?!ギモンと答え
http://www.kids.isas.jaxa.jp/faq/index.html

広報部　〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング3F
TEL:03-6266-6400　FAX:03-6266-6910

JAXAウェブサイト　http://www.jaxa.jp/
メールサービス　http://www.jaxa.jp/pr/mail/